

## CALENTAMIENTO SOLAR PARA UN DESTILADOR MULTITAPAS PASIVO COMPACTO

Judith Franco<sup>1</sup>, Sonia Esteban, Carlos Fernandez  
Instituto de Investigación en Energías No Convencionales, INENCO, Universidad Nacional de Salta – CONICET-  
Calle Buenos Aires 177, Salta - 4400 - Argentina,  
E-mail: francoj@unsa.edu.ar

**RESUMEN:** en este trabajo se propone un nuevo sistema de calentamiento totalmente solar para un destilador multitapa, que consiste principalmente en un vaporizador montado sobre un colector concentrador solar de 1.3 m<sup>2</sup>. El colector está separado del destilador y el vapor es transportado al mismo por medio de cañerías. En el presente trabajo se describe cómo con dos sistemas de vaporizadores que trabajan en paralelo es posible alcanzar temperaturas de trabajo de hasta 90 °C y poner así en funcionamiento un destilador multitapa.

### INTRODUCCIÓN

En trabajos anteriores se presentó un destilador multitapa pasivo que produce agua destilada utilizando diversas fuentes de energías, por ejemplo: leña, gas, electricidad, etc., con factores de performance de hasta 2.7 (Franco y Saravia, 1994; Franco *et al.* 1998). En los últimos trabajos se presentaron varios mecanismos donde se intenta utilizar en forma indirecta la energía solar para el calentamiento de la bandeja inferior, se trabajó por ejemplo con placas de aluminio rectangulares (Franco *et al.* 1999), las cuales almacenan la energía solar como energía térmica para transmitirla luego al destilador. Si bien los resultados mostraron que era factible utilizar estas placas como calentadores, su manipulación resultó complicada y arriesgada debido a que era necesario cambiar las mismas cada hora y media para mantener la temperatura del agua de la bandeja inferior constante. Las placas alcanzan temperaturas de hasta 450°C, por lo cual se decidió buscar otro sistema de calentamiento solar

En este trabajo se propone el uso un nuevo sistema de calentamiento solar para un destilador multitapa de baja pendiente, basado en un vaporizador simple, que le permite alcanzar las temperaturas óptimas de funcionamiento.

### MÓDULO DE DESTILACIÓN Y ARREGLO EXPERIMENTAL

El destilador consiste de una caja rectangular (50cm x 50 cm x 36 cm) construido íntegramente con vidrio y aislado externamente con poliestireno expandido de 5 cm de espesor. La bandeja inferior está construida de acero inoxidable, ya que es en ésta donde se alcanzan las temperaturas más altas. Se usan cinco etapas de vidrio con una inclinación de 4°, como se muestra en la fig. 1.

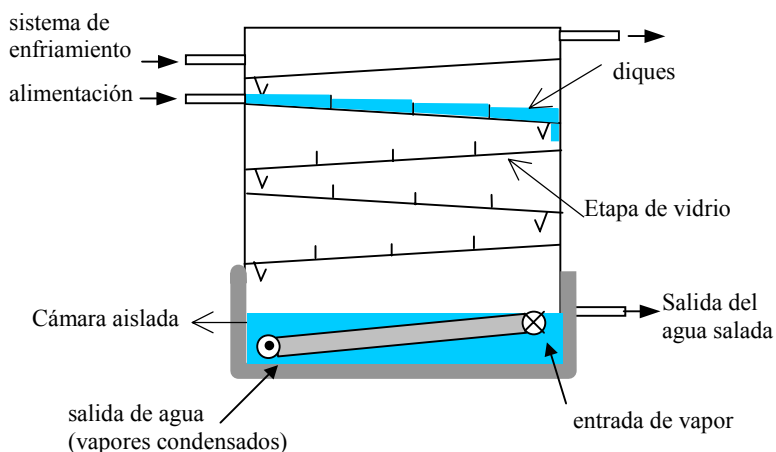


Fig. 1: Sección transversal del destilador.

<sup>1</sup> Investigadora del CONICET

El agua salada fría es suministrada desde arriba y cae de una etapa a la próxima por gravedad hasta alcanzar la bandeja, la cual es calentada desde la parte inferior. El exceso de agua, con alto contenido de sal, es eliminado del sistema por rebalse.

En la parte superior de cada superficie de vidrio sean construidos pequeños diques de vidrio de 1 cm de alto y puestos como lo muestra la fig.1. El agua que es suministrada por la parte superior de cada dique, forman pequeños lagos con una profundidad promedio de 0.5 cm que llegan a cubrir la totalidad de la superficie ya que la inclinación es muy baja; se necesita así una muy pequeña cantidad de agua para cubrir la superficie.

La bandeja inferior es calentada por medio de un serpentín, realizado en caños de cobre, por el que circula el vapor proveniente de los vaporizadores. La disposición del mismo tiene la pendiente necesaria para facilitar la salida del agua una vez que los vapores condensan. La fig. 2 muestra una foto del destilador donde también se pueden observar las cañerías que permiten el ingreso del vapor al mismo.

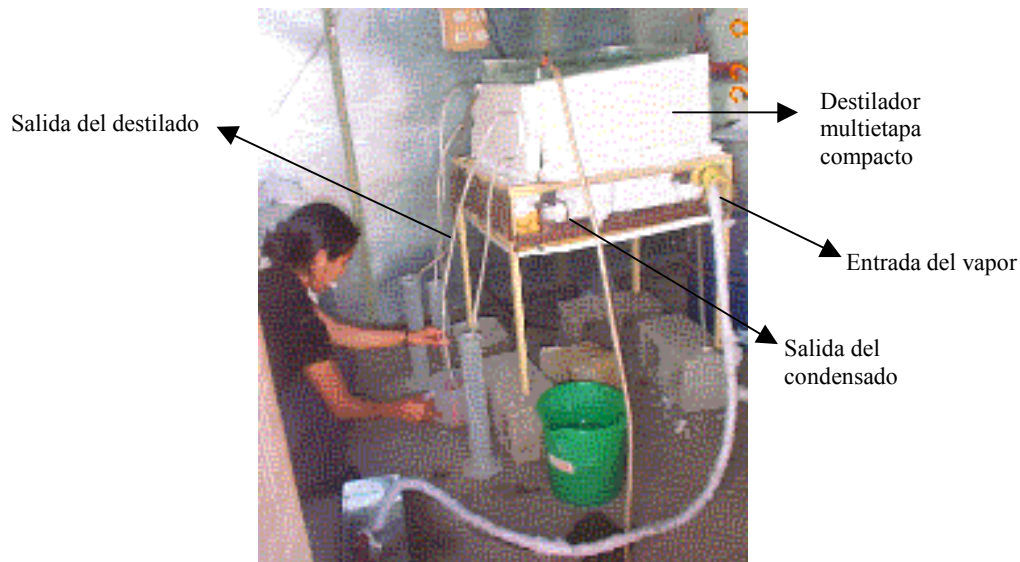


Fig. 2: Vista del destilador

## NUEVO SISTEMA DE CALENTAMIENTO

### SISTEMA EVAPORADOR

El destilador multietapa trabaja con buena producción si la temperatura del agua de la bandeja inferior es alrededor de 90 °C. Para alcanzar esta temperatura se ha diseñado un sistema de vaporización totalmente solar como fuente de energía térmica para ser utilizado junto con un intercambiador.

Este sistema consiste en un recipiente cilíndrico con una capacidad de 2 lts montado en el foco de un concentrador solar de 1.3 m<sup>2</sup> (Franco *et al.* 1999). En este recipiente se encuentra el agua a vaporizar, fig. 3. El vaporizador está realizado en acero inoxidable, y su superficie externa tiene un tratamiento con pintura negra mate de alta temperatura, las dimensiones del mismo son 10 cm de diámetro por 22 cm de alto.

El tiempo necesario para vaporizar el agua es alrededor de 15 minutos. El vapor es extraído del sistema por diferencia de presión, mediante tubos PVC debidamente aislados que lo llevan hacia el serpentín ubicado en la bandeja inferior del destilador. Es necesario realizar una renovación de carga de agua cada 90 minutos, tiempo que tarda en evaporar los 2 litros de agua.

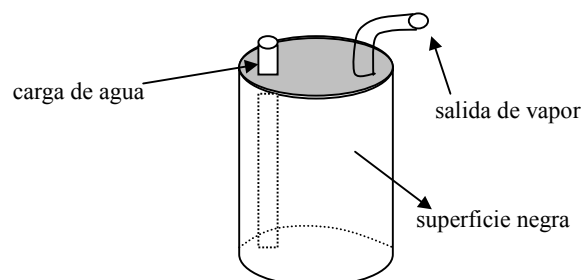


Fig. 3. Esquema del vaporizador

La figura 4 es una foto del sistema concentrador - vaporizador conectado al intercambiador del destilador que se encuentra dentro de la casilla. Los dos sistemas vaporizadores trabajan en paralelo y resultan así óptimos para que el destilador pueda alcanzar una temperatura de trabajo de 90 °C. Los concentradores tienen un sistema óptico automático de seguimiento del sol.

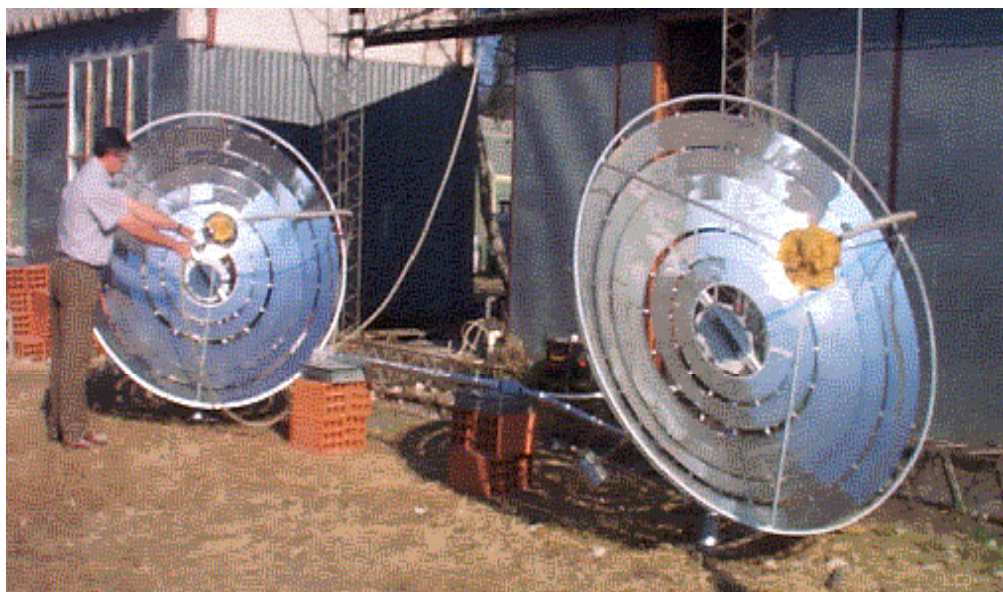


Fig. 4: Vista de los concentradores y vaporizadores

### *SISTEMA OPTICO*

El sistema óptico que controla el movimiento de los concentradores es totalmente automático y necesita para su funcionamiento solamente una batería de 12 V, de las usadas en automóviles. Estos se ubican en la parte superior de cada concentrador. El diseño del controlador es sencillo, utiliza dos sensores de iluminación LRD los que se encuentran ubicados en una cavidad cilíndrica separados por un tabique, fig. 5. Cuando alguno de los sensores es sombreado, un circuito comparador se encarga de controlar el encendido y también el apagado de un pequeño motor, que es el que dirige el movimiento del concentrador; su funcionamiento ha sido verificado, y el seguimiento del sol es prácticamente continuo.

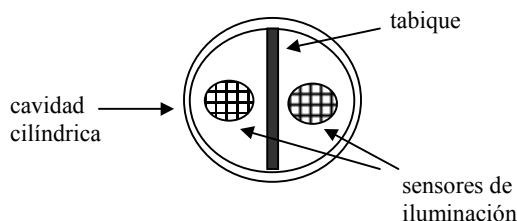


Fig. 5. Vista superior del dispositivo óptico

Ya que este sistema óptico no responde cuando ambos sensores no son iluminados, los concentradores cuentan con un arreglo alternativo que permite el movimiento manual de los mismos. En estos casos, en que los días no se encuentren totalmente despejados, un movimiento cada 15 min. es suficiente para seguir el movimiento del sol.

### **RESULTADOS EXPERIMENTALES**

Se realizaron distintos ensayos con uno y dos concentradores midiéndose en ambos casos las temperaturas internas del destilador, cada cinco minutos, con pequeños termistores conectados a una computadora, la producción de agua destilada se midió manualmente. Se midió además la temperatura de salida del vaporizador con una termocupla comprobándose que el mismo se mantenía constante a 98 °C.

En ensayos preliminares se trabajó con sólo un sistema de vaporización las temperaturas medidas en cada etapa se muestran en la fig. 6, en ella puede observarse que la temperatura de la bandeja inferior, que determina la temperatura de trabajo del destilador, es de casi 70°C; inferior en un 25% a la temperatura óptima. La temperatura superior tiende a un valor constante en 30°C.

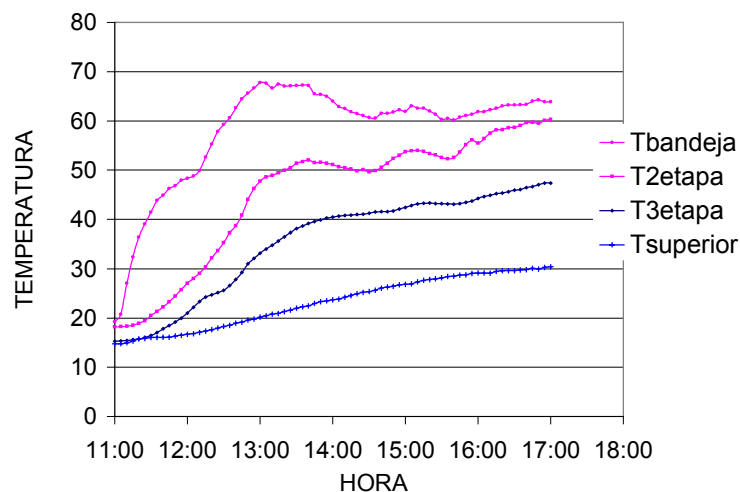


Fig. 6. Distribución de temperaturas en el destilador con un único vaporizador

Sobre la base de estos resultados se decidió trabajar con un sistema de dos vaporizadores para que el destilador alcance la temperatura operación. La fig. 7 muestra los valores obtenidos de temperaturas en cada etapa para este caso. El equipo se puso en funcionamiento a las 11 hs debido a que en ese momento se dejaron de observar nubes. Lleva aproximadamente dos horas alcanzar una temperatura de operación de 90 °C. En la gráfica se observa que la bandeja inferior alcanza los 90 °C alrededor de las 13 hs y las 15 hs, la disminución de temperatura entre estas horas es debido a la presencia de nubes, y como el destilador no posee mucha inercia térmica esto se refleja rápidamente en sus temperaturas.

Si bien las horas en que el destilador mantiene su temperatura de trabajo, se encuentra limitado a las horas de mayor radiación, se ha comprobado que su producción no es comparativamente menor a las obtenidas en trabajos anteriores a esas temperaturas.

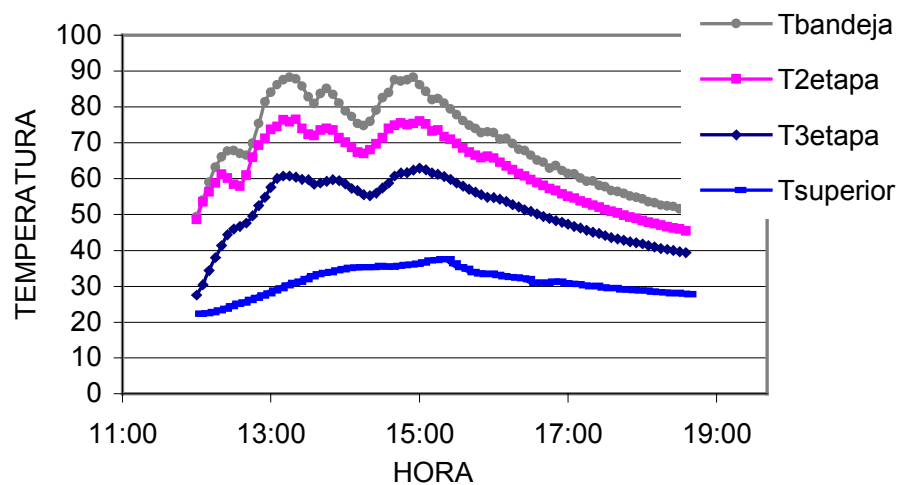


Fig. 7. Distribución de temperaturas en el destilador con dos vaporizadores

La tabla 1, muestra los valores de producción de agua destilada para este ensayo

Hora	Destilado (ml)	T <sub>operación</sub> (°C)
15:00	2345	80
16:00	515	70

Tabla 1: Producción de agua destilada

Se observa que la producción de agua no alcanza los valores esperados según trabajos anteriores (Franco y Saravia 1994). Una explicación a esto es que la temperatura no se estabiliza en su temperatura de trabajo, variando en el tiempo (fig. 7),

como el equipo tiene baja inercia térmica es muy sensible a la variación radiación que determina la producción de vapor y esto lleva a un cambio de temperatura en la bandeja inferior del destilador.

## CONCLUSIONES

Si bien el destilador alcanza su temperatura de trabajo de 90 °C con este nuevo sistema de calentamiento solar se observa que la producción no alcanza los valores esperados debido a las variaciones de temperaturas producidas por las variaciones momentáneas de la radiación solar sobre los concentradores. Esto indicaría que se necesita una acumulación de calor para otorgarle al sistema una mayor inercia térmica y mantener estable la temperatura de operación.

Por otra parte este nuevo sistema de calentamiento resulta prácticamente automático, ideal para zonas aisladas que no cuentan con electricidad.

Se considera entonces que este sistema es una posibilidad de utilización de calentamiento solar y de automatización para un equipo de destilación multietapa compacto, que se ha demostrado en trabajos anteriores que tiene un factor de desempeño ( $r_p$ ) de 2.7. Es necesario seguir ensayando con este nuevo sistema para llegar a las condiciones óptimas de funcionamiento y obtener un  $r_p$  similar a este.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de R. Caso y C. Fernandez de la Universidad Nacional de Salta en la construcción del prototipo.

**ABSTRACT:** This work proposes a new solar heating for a multistage still that consists mainly on a vaporizer mounted on a solar collector concentrator of 1.3 m<sup>2</sup> of area. The collector is separated from the distiller and the vapor is transported by pipes. This work describes how with two systems of vaporizers that work in parallel is possible to reach operation temperatures of up to 90 C.

## REFERENCIAS

- Franco, J.; Saravia, L., (1994). "A New Design For A Multistage Still", *Renewable Energy*, Vol. 4, N°1, pp. 119-122, Pergamon Press.
- Franco, J., Esteban S., Saravia L., (1998) "Destilador Multiefecto Compacto" *Actas LACTCYM 98*, pp. 437-440 Vol II.
- Franco, J., Esteban, S., Saravia, L., (1999), "Destilador multietapa", *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* p. 9.21.